

Interfaz electrónica para monitoreo de equipos industriales empleando tecnología OPC

José Avilés, Antonio Arreguín , Fernando Ambríz , Jaime Cano , Marcos Rodríguez.

J. Avilés, A. Arreguín , F. Ambríz , J. Cano , M. Rodríguez.
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, Carretera Valle-Huanimaro km 1.2, Valle de Santiago, Gto.
jaf155@hotmail.com

M. Ramos., V. Aguilera., (eds.). Ciencias Multidisciplinarias, Proceeding -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

Abstract

The need of know how a variable works and wich are the data of sensors and instruments for control at industry requires the use of new methods, algorithms and protocols. This new methods are the result of investigation and implementation in new protocols which became in standard proceedings ruled by ISO around the world. This is the case of OPC protocol. OPC inicialty was the acronimous of OLE for Process Control. Now, the OPC definition is diferent because this new protocol evolutioned as technology change. But, is important to say than just a few of people know how it works. This is the objective of this article, show how an electronic interface is created for get information through this protocol. In this paper the OPC protocol is discussed and a interface is described to help to people to know how this new protocol works, how is possible to use this new method and what are the benefits of use this technology by the implementation in a plant of electric energy generation.

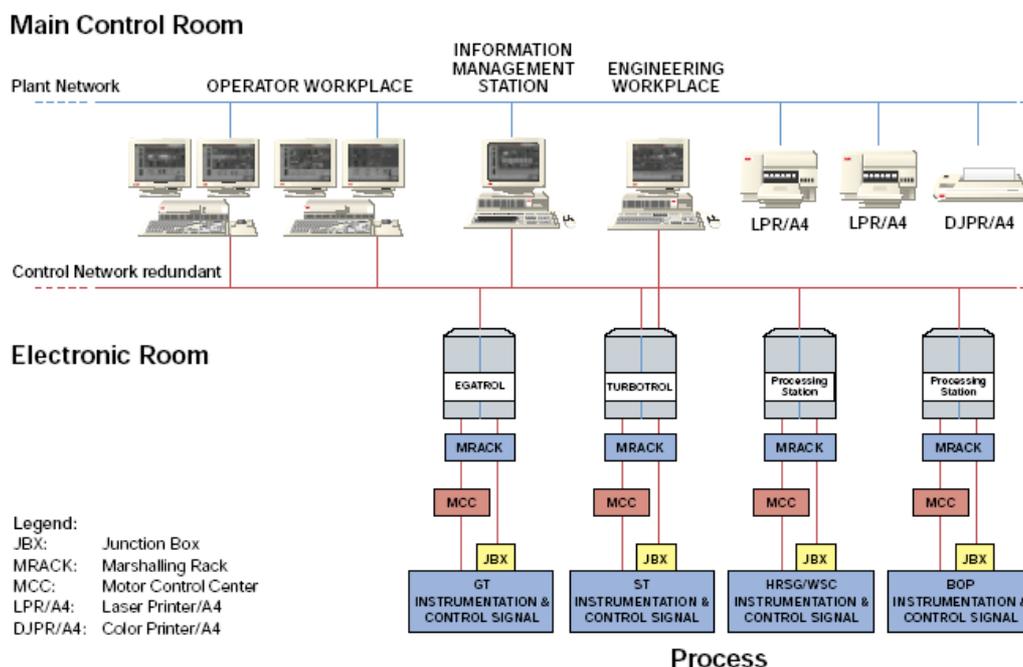
Introducción

En la actualidad, existe un nicho de mercado importante sobre este ámbito que es la integración de sistemas de información entre diversos sistema de instrumentación, el cual es explotado por un pequeño número de empresas, principalmente europeas, norteamericanas y canadienses, como son: Matrikon, ABB, Siemens, Emerson Process entre otras; con la tecnología OPC la cual es utilizada ya por algunos fabricantes como General Electric y Osisoft con sus sistemas PI los cuales permiten desde conexión y administración de sistemas de instrumentación hasta monitoreo de aplicaciones en Internet y Redes.

Los sistemas de instrumentación y control de las plantas son creados por los propios fabricantes de las mismas, siguiendo sus propios estándares y necesidades tanto de instrumentación como de control, tal es el caso de los siguientes fabricantes: ABB, ALSTOM, MITSUBISHI, GENEAL ELECTRIC, HITACHI, SIEMENS, EMERSON PROCESS, SCHNEIDER ELECTRIC, entre otros. Además, se interconectan distintos módulos de instrumentación y control como son: DCS, Video Registradores, PLC's, RTU, RTI, GAUGE, etc., estos sistemas almacenan información en diversos servidores de base de datos como pueden ser: Oracle, MySQL, MSSQL, ABSQL, POSTGRE, DB2, etc. Comúnmente para que una aplicación se conecte a estos sistemas debe utilizar herramientas propias del proveedor o licencias de uso del fabricante.

La configuración de los sistemas de instrumentación, así como la de los sistemas de control de las plantas están basados en los conceptos de red y sistemas distribuidos. Una importante característica de esta configuración es la total integración de todas las principales áreas funcionales de la planta en un sistema común. Todas las funciones de adquisición de datos son parte integral del sistema. La red (LAN) de la planta y la red de control están conectadas a través de cables de par trenzado y de fibra óptica, los cuales se interconectan a través de dispositivos de red como concentradores (HUB) y Switches alojados en los gabinetes. Es importante distinguir entre la red de instrumentación y control y la red de la planta; en la primera, es donde se concentra la instrumentación y el control de procesos, mientras que la segunda es una red administrativa. En la figura 4, la parte inferior muestra el diagrama general del sistema de planta y su interconexión con el sistema de control de la planta.

Figura 4. Diagrama general de un sistema de instrumentación y control (ABB, 2003).



Ahora, gracias al avance tecnológico y en particular de los sistemas de cómputo es posible unificar tanto la instrumentación como los procesos de control en una máquina que almacena dichos eventos. Estos eventos forman el historial de la planta y para efectos de análisis, estos datos históricos son los que se usan para poder determinar cuándo ocurren fallas y qué o cuál fue el responsable de dicha falla. Los sistemas más empleados para el almacenamiento de esa información son los sistemas PI y OPC.

4. Sistemas OPC

OPC es un conjunto de comandos estándar coleccionados en una librería de software (DLL) que puede ser llamado por aplicaciones de cliente, escritas en Visual Basic, C# u otro lenguaje de programación Microsoft, que permite el acceso a dispositivos de automatización (PLCs) en una forma uniforme, independientemente de su construcción o manufactura.

Para ese efecto, las particularidades de los dispositivos de automatización están integradas por un servidor OPC en la misma máquina que el programa del cliente o sobre otra máquina, por medio del uso de DCOM.

Los servidores OPC son reemplazados por el fabricante del OPC o por las terceras partes y pueden administrar muchos PLCs del mismo tipo. Muchos servidores pueden correr en paralelo. La librería OPC permite en particular la lectura y escritura de variables de proceso, lectura de alarmas y eventos, alarmas desconocidas y devuelve datos históricos desde bases de datos de acuerdo a muchos criterios.

OPC es formalmente OLE *for Process Control*, es decir, *Object Link and Embedding* (OLE) para control de procesos, ahora: control de procesos abiertos. OLE es una tecnología para conectividad de componentes de software, se ha extendido para las tecnologías COM/DCOM y su correspondiente para Java. OPC es un estándar industrial creado por la fundación OPC especificando la interface de software (objetos, métodos) para un servidor que recolecta datos producidos por una gama de dispositivos y controladores lógicos programables (PLCs). La figura 4.1 y la figura 4.2 muestran la conectividad entre servidores OPC y las conexiones de los instrumentos al servidor OPC.

Figura 4.1 Diagrama esquemático de la conexión del OPC (ABB, 2006).

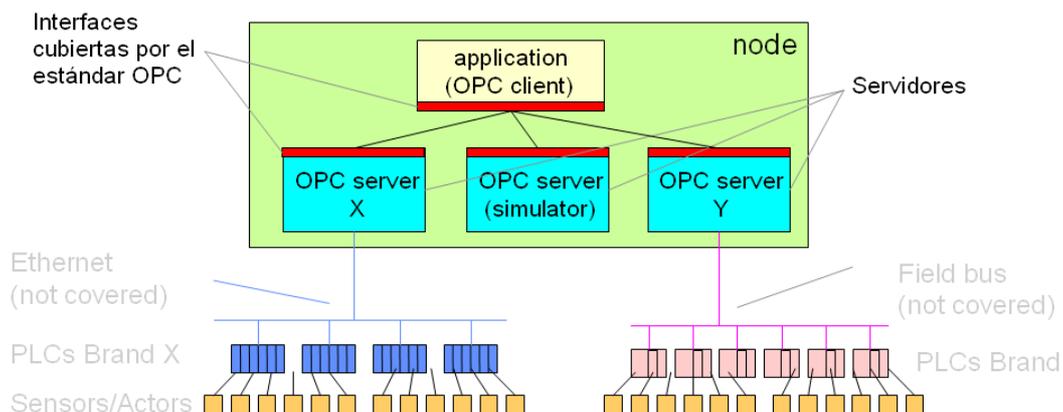
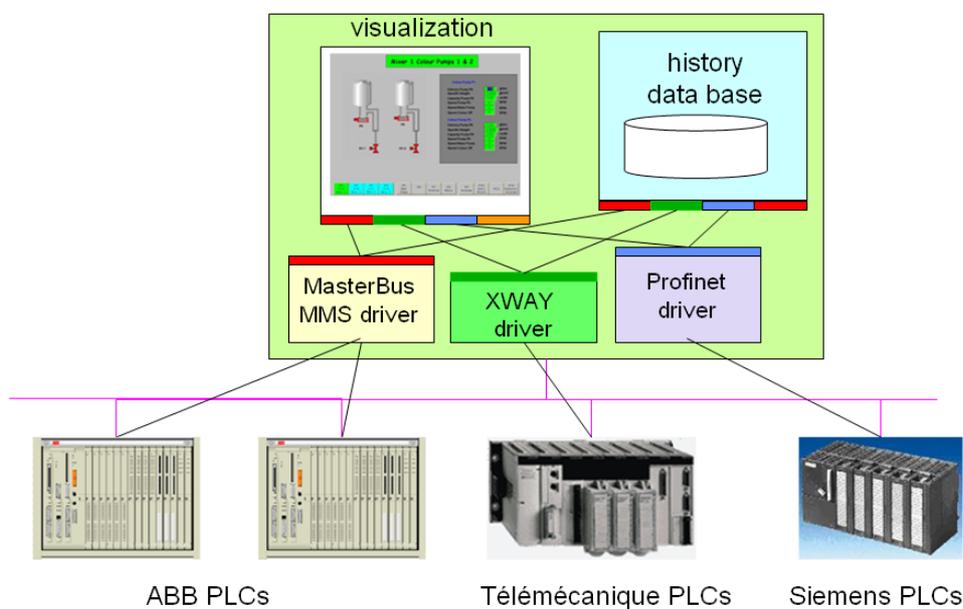


Figura 4.2 Diagrama de conexión entre el servidor OPC y dispositivos externos (ABB, 2006).

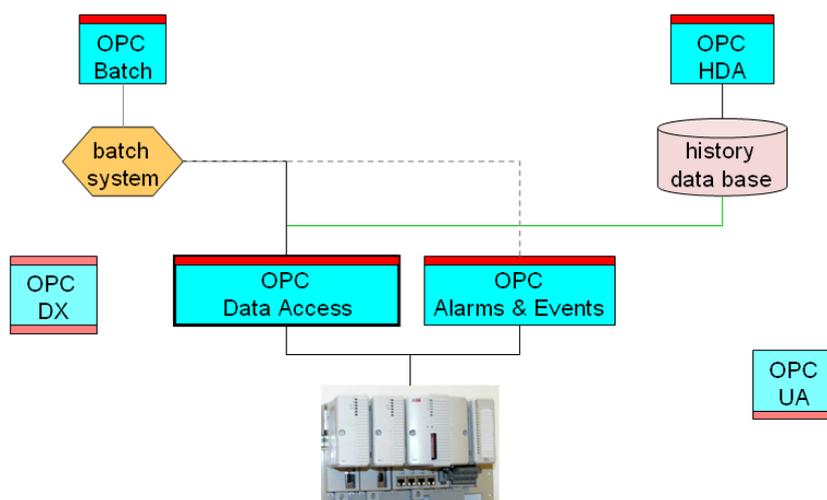


OPC consiste de tres componentes principales:

- OPC-DA: Acceso a datos
- OPC-AE: Alarmas y eventos
- OPC-HDA: Acceso a datos históricos

La figura 4.3 muestra el diagrama de interconexión entre los componentes del OPC.

Figura 4.3. Diagrama esquemático de interconexión entre componentes del OPC.
(ABB, 2003).

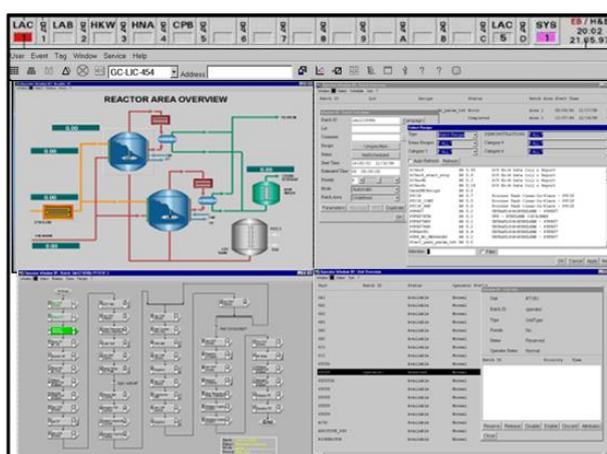


4.1.OPC-DA para acceso a datos

Las variables de proceso describen el estado de la planta, estas son generadas por los sensores o cálculos en los controladores lógicos de programables (PLCs). Las variables de proceso pueden ser enviadas a cambios, sobre demanda o cuando un tiempo dado a transcurrido.

El OPC para acceso a datos (OPC-DA) especifica las direcciones de las variables de procesos recolectadas. Los clientes principales del OPC-DA son visualización y control. La figura 4.4 muestra la interfaz de un cliente OPC para la visualización de datos (OPC Foundation, 2003).

Figura 4.4 Interfaz de visualización de datos del OPC
(Siemens, 2003).



4.1.1.OPC-AE para alarmas y eventos

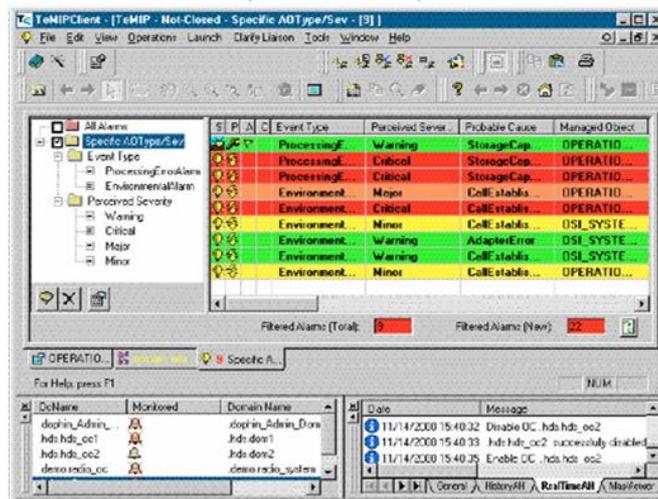
Los eventos son cambiados en los procesos que necesitan ser “autenticados”, tal como las alarmas de “iniciar producción” son estados anormales en el proceso que requiere atención, tal como: “Presión de petróleo bajo”.

El OPC para alarmas y eventos (OPC-AE) especifica como las alarmas y eventos son suscritos, bajo las condiciones las cuales son filtradas y “enviadas” con sus mensajes asociados. El cliente principal del OPC-AE son las alarmas y los eventos “registrados”. La figura 6 muestra una interfaz donde se muestran y se administran las alarmas.

En esta parte del OPC se realizan las siguientes actividades:

- Determina el tiempo exacto de cambio (*time-stamping*)
- Categoriza por prioridades
- Alarmas desconocidas (eventos que no son conocidos)
- Liga para limpiar el texto de explicación

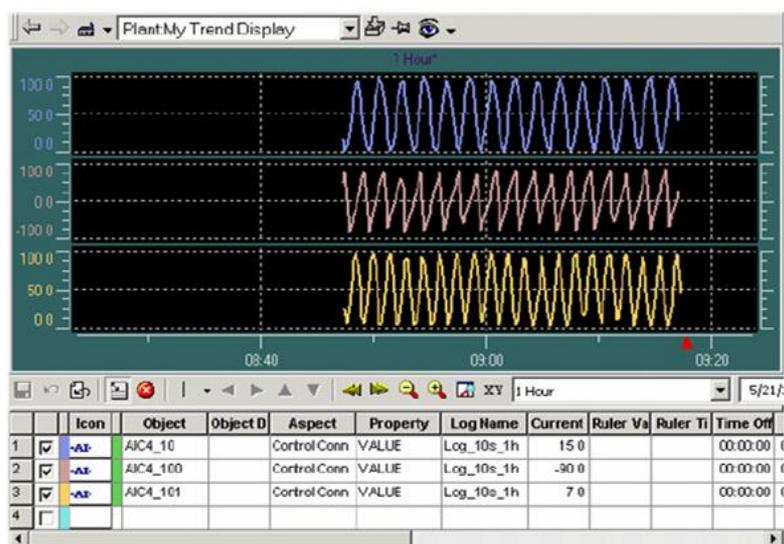
Figura 4.5. Interfaz para la administración de las alarmas (TeNIP, 2001).



4.1.2. OPC-HDA para acceso de datos históricos

Los datos históricos son procesos de estado y eventos tales como: variables de proceso, acciones de operación, alarmas grabadas, etc., que son almacenadas como “registros” en un “almacenamiento a largo plazo” para su análisis posterior. El OPC para acceso de datos históricos (OPC-HDA) especifica como los datos históricos están “recuperados” de los “registros” en el “almacenamiento a largo plazo”, filtrados y agregados (ejemplo: promedio calculado, picos). El cliente principal del OPC-HDA son “muestras de tendencia” e históricos. La figura 4.6 muestra la interfaz que muestra los datos de los registros históricos y las tendencias de los mismos.

Figura 4.6. Interfaz de datos históricos y tendencias de los registros del OPC (Siemens, 2003).



4.1.3. OPC-UA para arquitectura unificada

En un movimiento para obtener más independencia de Microsoft y el uso de la tecnología Web, una nueva especificación llamada “Arquitectura Unificada” (formalmente OPC XML) que usa los servicios de Web para toda clase de transacciones: obtención, lectura, escritura, reemplazo, etc. El clásico OPC-DA, AE y HDA son implementados con XML/SOAP/WSDL estos permiten encriptación y autenticación para procesos de datos. Esto no solamente estandariza las interfaces, también la transmisión de datos (OPC Foundation, 2007).

4.2. Servidores y clientes comerciales de OPC

Uno de los fabricantes de servidores OPC es Matrikon, el cual crea controladores para los diferentes tipos de instrumentos, buses de datos y sistemas de almacenamiento, servidores y clientes OPC. Los datos del OPC pueden ser simulados antes que la planta real. Para este efecto, muchos simuladores comerciales permiten crear, observar y cambiar variables a mano o de acuerdo a funciones de tiempo (rampa, *random*, etc.).

Sistemas de configuración OPC

Cada servidor OPC normalmente está habilitado a una dirección del sistema. El servidor OPC trabaja como un proceso autónomo y puede ser usado por múltiples clientes OPC para acceder al sistema. Como el OPC está basado en la tecnología COM de Microsoft, dos configuraciones de hardware son soportadas:

- Configuración local: Servidor OPC y cliente OPC corriendo en una misma PC.
- Remoto o configuración distribuida (DCOM): servidor OPC y cliente OPC corriendo sobre PCs separadas conectadas vía LAN.

Existen 4 diferentes configuraciones OPC servidor-cliente:

1. El servidor OPC y cliente en una PC directamente conectada al bus de la terminal del sistema.
2. El servidor OPC sobre una PC conectada directamente al bus de la terminal y uno o más clientes en otras PCs conectadas al servidor OPC vía una red de oficina, por ejemplo.

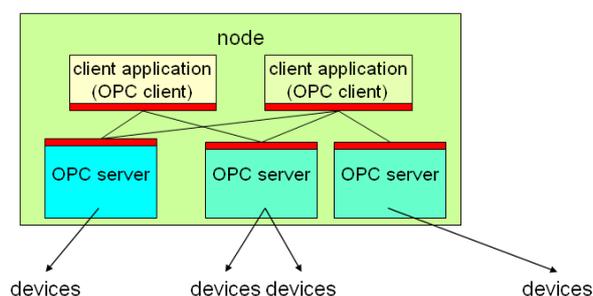
3. El servidor OPC y cliente sobre una PC conectada a una LAN la cual es conectada al bus terminal del sistema vía puente o ruteador.
4. El servidor OPC sobre una PC conectada a una LAN la cual está conectada al bus de la terminal vía puente o ruteador; uno o más clientes en PCs separadas.

Los puntos 2 y 4 son configuraciones distribuidas (DCOM) donde el servidor y los clientes trabajan en computadoras separadas. En todas las configuraciones más de un cliente es ejecutado sobre una PC (Siemens, 2005).

Servidores y clientes en el mismo nodo

Los servidores y clientes OPC corren como procesos paralelos. Las especificaciones del OPC define la interfaz entre el cliente y el servidor en forma de objetos y métodos. La figura 4.7 muestra un diagrama de conexión entre servidores y clientes OPCs.

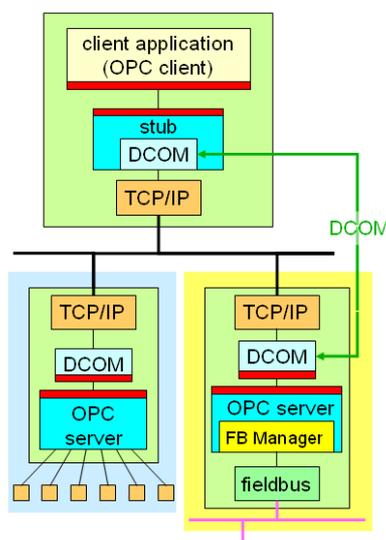
Figura 4.7 Conexión de clientes y servidores en el mismo nodo (ABB, 2006).



Acceso a servidores OPC en otro nodo

La comunicación entre clientes y servidores OPC de diferente nodo se da mediante la configuración de la comunicación distribuida de Microsoft (DCOM). La figura 4.8 muestra la forma en que cliente y servidor se comunican por medio del DCOM.

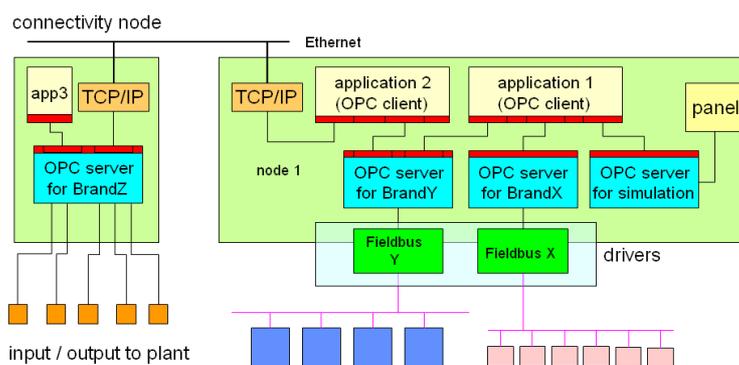
Figura 4.8 Acceso a un servidor OPC en otro nodo (ABB, 2006).



Comunicación COM/DCOM por múltiples nodos

Los servidores OPC soportan múltiples clientes y servidores sobre el mismo, o sobre nodos remotos. Ellos corren como procesos separados (tan rápido como el primer cliente está requiriendo los elementos), como lo muestra la figura 4.9.

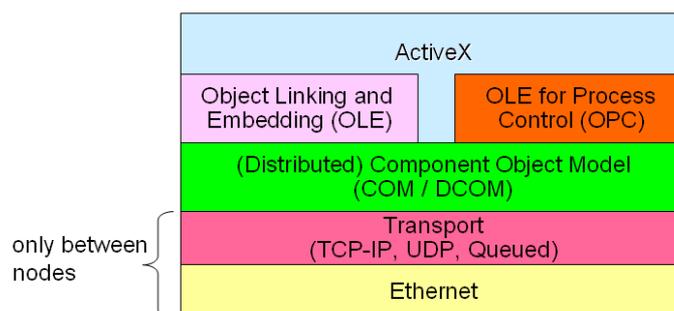
Figura 4.9 Conexión de clientes y servidores por múltiples nodos (ABB, 2006).



4.3.Desarrollo

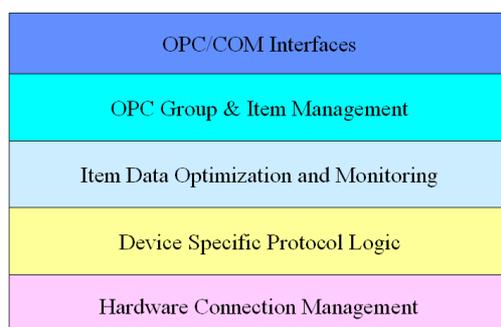
OPC se basa en la tecnología COM/DCOM de Microsoft (Solo trabaja en plataformas Windows). Otros puertos para otros programas (Linux) y protocolos de transporte Web (XML) están en progreso. Las ventajas son la integración directa en todas las aplicaciones, tales como Excel. La tecnología OPC, cliente e interfaces completas se muestran en la figura 4.10.

Figura 4.10 Estructura de la tecnología OPC (ABB, 2006).



Estructura de un servidor OPC

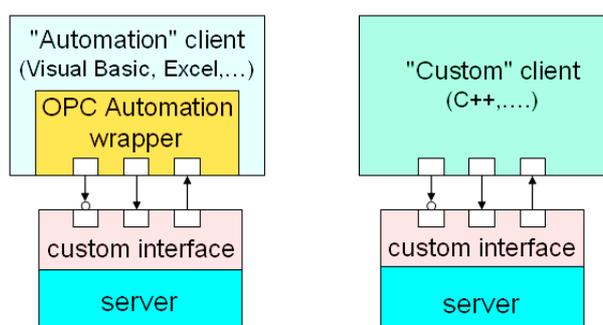
La figura 4.11 muestra la estructura de un servidor OPC, desde la administración de los dispositivos hasta la comunicación remota entre varios servidores y clientes OPC.

Figura 4.11 Estructura del servidor OPC (ABB, 2006).

Interfaces automáticas y configurables del OPC

Las especificaciones de OPC definen dos interfaces: configurable y automática. La interfaz configurable es la interfaz nativa C++ de COM. La interfaz automática es la interfaz ofrecida en Visual Basic, usado en Word, Excel, etc. Esta interfaz es definida por un tipo de librería (distribuido por la *Fundación OPC*), (Microsoft, 2007).

La funcionalidad es robusta en ambos modelos, “automática” es fácil de usar, pero “configurable” provee un control más extendido. La figura 4.12 muestra ambas configuraciones.

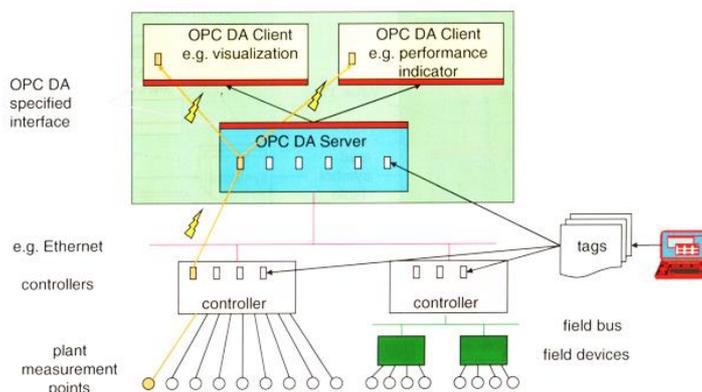
Figura 4.12 Interfaces automática y configurable (ABB, 2006).

Especificaciones de un servidor OPC DA

Un servidor OPC DA es configurando usando la información proveniente de las herramientas de los desarrolladores para los controladores. Las variables definidas en los controladores son un espejo para el servidor OPC DA. La figura 4.13 muestra la forma en que las variables están relacionadas desde el punto de medición hasta el servidor OPC DA.

Una vez que se tiene relacionada una variable a un instrumento y este al servidor de datos OPC, es necesario un cliente de visualización para este tipo de servidor OPC DA.

Figura 4.13 Diagrama de conexión entre las variables y el servidor OPC DA (ABB, 2006).

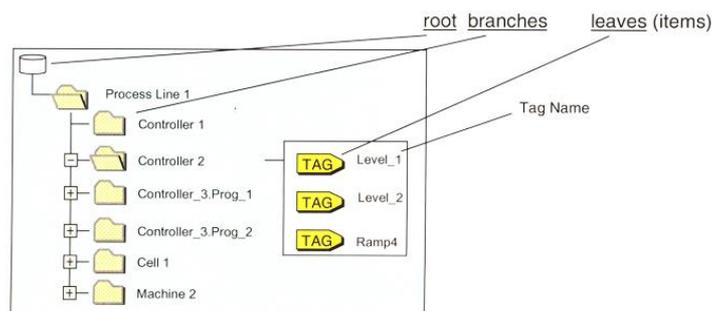


Exploradores para el servidor OPC DA

Un servidor OPC es estructurado como un directorio con raíz, ramas, hojas (puntos). Las ramas pueden contener otras ramas y puntos. La estructura puede también ser plana en vez de jerárquica. La estructura es definida durante la colocación de dispositivos, actuadores y sensores. Los servidores inteligentes pueden configurarse ellos mismos leyendo los dispositivos conectados. La figura 4.14 muestra la estructura del servidor OPC.

Un dispositivo es identificado por su identificador de punto completamente calificado, es decir, la ubicación exacta donde se encuentra en el servidor. La posición jerárquica puede diferir del identificador de punto completamente calificado.

Figura 4.14 Estructura del servidor OPC (ABB, 2006).



Identificador de punto completamente calificado

Un servidor tiene internamente dos maneras para acceder a los puntos:

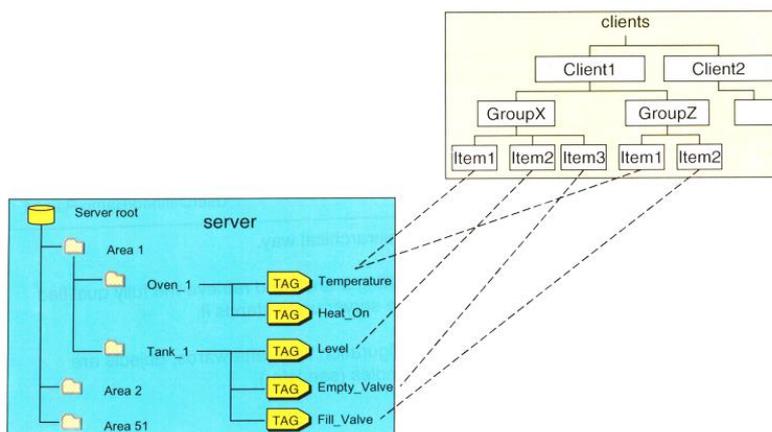
1. La ruta del punto que se muestra cuando se explora el árbol
2. El identificador del punto, el cual es el nombre interno usado por el servidor.

Los clientes usualmente buscan un punto a través de la forma jerárquica. Se posiciona el explorador/buscador en la rama correspondiente y al expandir la rama del punto se despliegan los identificadores de puntos completamente calificados, los cuales son los nombres de los puntos como el servidor lo entiende. El nombre completamente calificado del punto es solamente usado en tiempo de configuración, después los objetos son accedidos por manejadores de clientes y manejadores de servidores (Kirmann, 2005).

Objetos vistos por el cliente OPC

Cada cliente estructura sus puntos por grupos, independientemente del servidor. Inicialmente, el cliente explora la estructura del servidor para checar si los puntos de interés existen. Un cliente registra sus grupos y puntos en el servidor. El servidor guarda la estructura de todos sus clientes. La figura 4.15 muestra la forma en que un cliente OPC ve a los puntos contenidos en un servidor OPC.

Figura 4.15 Forma del cliente OPC para visualizar los puntos del servidor OPC (ABB, 2006).



Propiedades de los puntos

Los datos son representados por las propiedades dinámicas del árbol de cada punto:

- Valor: numero o texto
- *Time-Stamp*: el tiempo a la cual el dato fue transmitido del PLC al servidor. Este tiempo es *Greenwich Winter Time* (UTC) no del tiempo local.
- Calidad: validación de la lectura (dato correcto/incorrecto, dato dudoso, bien)

En caso de escritura, solo el valor es usado.

Tipos de puntos

Cuando se accede a un punto, el cliente puede requerir que sea regresado con un tipo de punto específico, el cual podría ser diferente del tipo de punto en el servidor. El tipo de punto del servidor es regresado por el explorador.

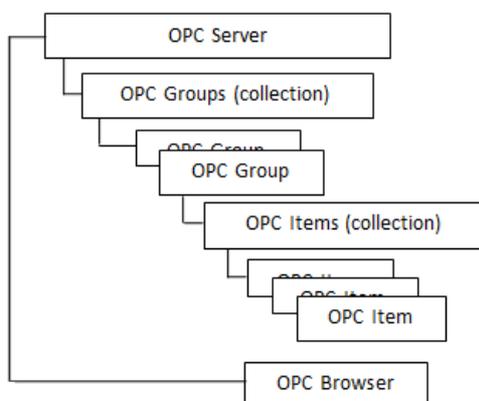
Cada valor de punto tiene un tipo: *Boolean*, *Carácter*, *Byte* (1 byte), *Word* (2 bytes), *Double Word* (4 bytes), *Short Integer* (2 bytes), *Integer* (4 bytes), *Long Integer*, *Long Unsigned Integer*, *Single Float* (4 bytes), *Double Float* (8 bytes), *Currency*, *Date*, *String*, *Array*.

En el tipo de conversión del servidor, no hay reglas de cómo hacer la conversión. Hay que tener cuidado de que los tipos de datos en el programa o en la base de datos coincidan con los del servidor OPC. Los puntos también pueden tener unidades de ingeniería, pero esta opción no es usada comúnmente.

4.4. Jerarquía en el cliente

En la figura 4.16 se muestra la jerarquía de los objetos que se crean cuando se tiene una instancia en un servidor OPC.

Figura 4.16 Jerarquía de objetos del servidor OPC
(OPC Foundation, 2003).



Se debe crear un objeto del servidor OPC antes que se pueda obtener las referencias de otros objetos. Eso contiene la colección de los grupos del servidor OPC y crea los objetos del explorador del servidor OPC. Una colección contiene a todos los objetos creados para los objetos del grupo OPC que el cliente tiene creado con el alcance del servidor OPC que la aplicación automática tiene conectada.

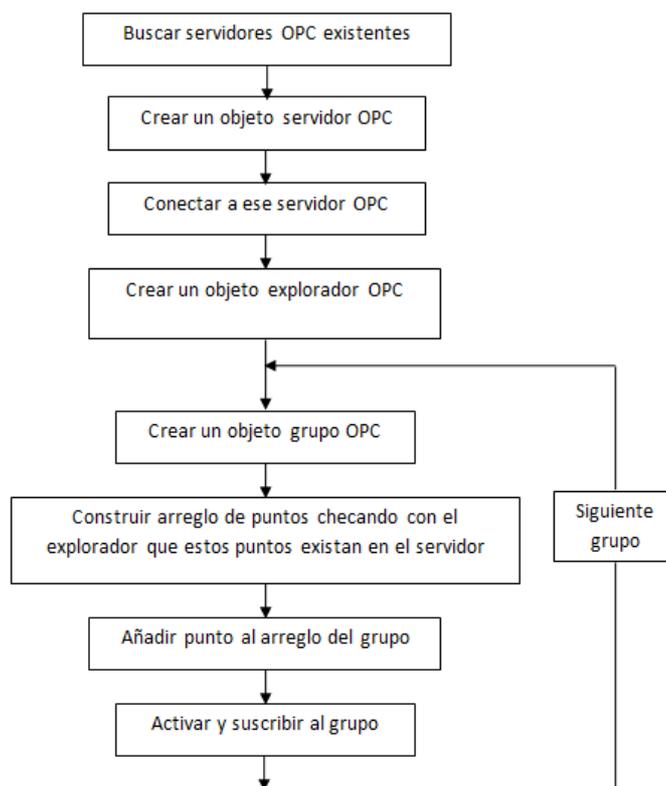
En una instancia de un objeto del grupo OPC se crea un objeto que mantiene el estado de la información y provee el mecanismo para acceder datos para los puntos del servidor OPC de la colección de objetos que el grupo del OPC. Una colección contiene todos los objetos de los puntos del OPC que el cliente tiene creado con el alcance del servidor OPC y corresponden a los objetos del grupo OPC que la aplicación automática ha creado. Un objeto automático mantiene las definiciones de los puntos, valores corrientes, estatus de información, ultimas actualizaciones. Nótese en el diagrama de la figura 17 que las interfaces configurables no proveen un objeto separado de los puntos.

Un objeto que explora los nombres de los puntos en la configuración del servidor. Ahí existe solamente una instancia de un explorador OPC por instancia de un objeto de servidor OPC.

Algoritmo para conectar un servidor OPC

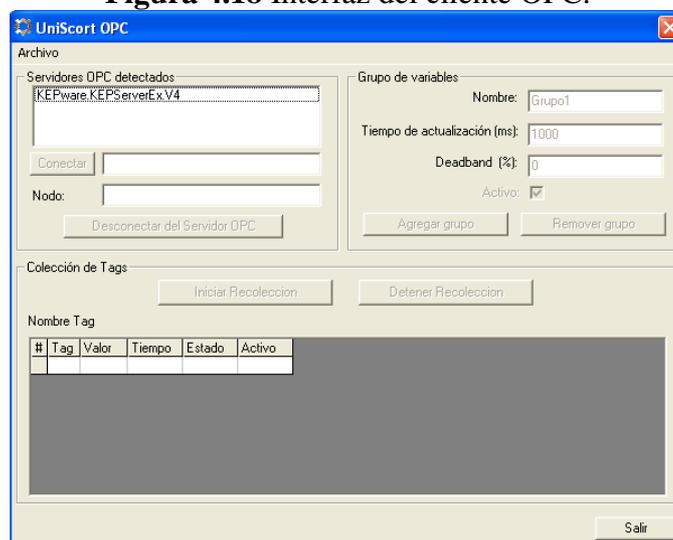
El diagrama de la figura 4.17 muestra los pasos que sigue un cliente OPC cuando se conecta a un servidor OPC para explorar su configuración o para extraer datos del mismo:

1. El cliente busca en el sistema o en una dirección de red si existe algún servidor OPC.
2. Si existe algún servidor OPC, crea un objeto para contener la configuración del servidor.
3. Una vez creado el objeto, se intenta conectar al servidor OPC.
4. Conectado creará un objeto para controlar el explorador del OPC y crea un objeto para los grupos del OPC.
5. Posteriormente se crea el objeto del grupo OPC.
6. El objeto se crea a partir de un arreglo que contiene los puntos del servidor OPC correspondientes a ese grupo.
7. Deposita cada uno de los puntos al grupo.
8. Por último activa y suscribe el grupo.
9. Si existen más puntos crea más grupos de lo contrario sigue en el paso numero 5.

Figura 4.17 Diagrama de flujo de la conexión de un cliente OPC.

4.5.Resultados y discusión

Para obtener los datos de las variables de entrada necesarias para el diagnóstico proveniente de sistemas OPC se desarrolló una herramienta que permite la extracción de datos del servidor OPC de la planta en cuestión. La figura 4.18 muestra la interfaz desarrollada para conectarse a un servidor OPC y extraer datos del mismo.

Figura 4.18 Interfaz del cliente OPC.

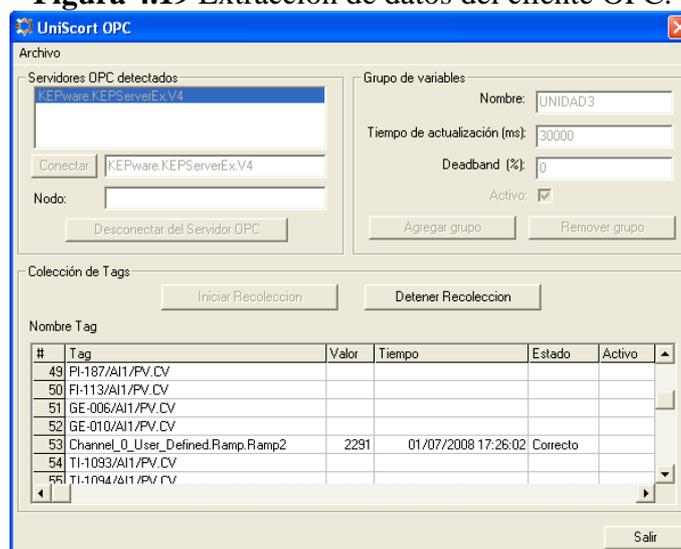
Cuando la interfaz se inicializa se sigue el algoritmo mostrado en la figura 4.18, en primer lugar el cliente busca si hay servidores OPC en la maquina “localhost” o en un IP fijo predeterminado donde se ejecuta. Cuando encuentra algún servidor OPC muestra el nombre de los servidores encontrados.

Al seleccionar un servidor se habilita el botón <Conectar>. Al presionar este botón se realiza la conexión del cliente con el servidor OPC seleccionado. Si hay algún error en la conexión se muestra un mensaje indicando el error que se cometió, por ejemplo, “Archivo no encontrado”, “Acceso denegado”, etc. Para desconectar el servidor OPC se presiona el botón <Desconectar servidor OPC> y este desconectará el servidor OPC del cliente.

Una vez conectado y de acuerdo a la forma de operar del servidor OPC, se procede a crear los grupos; esto se hace presionando el botón <Agregar grupo>. Cuando se crea el grupo se trae todas las *tags* de las variables necesarias para el análisis y se habilita el botón <Iniciar Recolección>. Creado el grupo se inicia la recolección de datos cuando se presiona el botón <Iniciar Recolección>. Para detener el proceso de recopilación de datos se presiona el botón <Detener Recolección> y para de solicitar los datos necesarios al servidor como son: *Valor, Tiempo y Estado*.

La figura 4.19 muestra como el cliente OPC se conecta al servidor OPC y extrae los datos de cada una de las variables del grupo creado por el cliente OPC. Cada minuto el cliente OPC desarrollado de forma automática pregunta al servidor OPC sobre el valor de cada una de las variables a través de su identificador de punto, comúnmente conocido en planta como *tag*; este se deposita en la tabla del cliente para posteriormente depositar los valores obtenidos en la base de datos. Cuando no se existe el *tag* o el dato extraído es erróneo entonces los campos correspondientes a *Valor, Tiempo y Estado* aparecerán vacíos.

Figura 4.19 Extracción de datos del cliente OPC.



El desarrollo de la herramienta de conectividad entre el sistema OPC fue implementado en un ambiente de desarrollo de Microsoft Visual Basic 6.0 (Li, 2001). Esta herramienta cuenta, además de la conexión y extracción de datos requeridos para el sistema de diagnóstico, aplicaciones tales como la introducción manual de datos o a través de archivos de texto y hojas de cálculo en Excel. También, indica cuando una variable no está bien, es decir, no tiene un valor correcto o no esta calibrada, etc., así como la impresión de los datos obtenidos.

Para probar el correcto funcionamiento entre las diferentes partes y programas desarrollados, se instalaron diversos programas que sirvieron de apoyo en las pruebas realizadas, tales como: Simulador de OPC Matrikon, Simulador OPC KEPServerEx Macrovision, Simulador OPC ABB, Explorador OPC Matrikon, Explorador OPC ABB, etc.

4.6. Conclusiones

En este artículo se analizaron las características que tiene uno de los sistemas de instrumentación y control más usados: OPC. Este sistema cuenta con librerías que permiten el desarrollo de herramientas que se conecten a éste para la extracción de datos. Estas librerías se encuentran en diferentes entornos de programación como C/C++, C#, Java, Visual Basic, Excel, Visual C++, XML, etc.

El desarrollo de la herramienta de conectividad entre el sistema OPC fue implementado en un ambiente de desarrollo de Microsoft Visual Basic 6.0 de Visual Studio 6.0. Esta herramienta cuenta, además de la conexión y extracción de datos requeridos para un sistema de diagnóstico, aplicaciones tales como: la introducción manual de datos o a través de archivos de texto y hojas de cálculo en Excel. También, indica cuando una variable no está bien, es decir, no tiene un valor correcto o no esta calibrada, etc., así como la impresión de los datos obtenidos.

Esta aplicación, además de obtener los datos necesarios para un diagnóstico, son las encargadas de ejecutar y verificar que el algoritmo de ejecución de los modelos matemáticos se cumpla con las acciones requeridas para que el sistema de diagnóstico funcione adecuadamente.

4.7. Referencias

KIRRMANN H. (2005). Industrial Automation. Access to devices. OLE for Process Control (OPC). ABB Research Centre.

LI, P. (2001). Programación de componentes COM+ en Visual Basic con ejemplos. Que, Prentice Hall.

Microsoft. (2007). COM: Component Object Model Technologies. <http://www.microsoft.com/com/default.msp>

OPC Foundation. (2003). OPC Data Access Custom Interface Specification 3.0. <http://www.opcfoundation.org>

OPC Foundation. (2007). OPC Unified Architecture. <http://www.opcfoundation.org>

SIEMENS. (2005). TELEPERM XP, OPC Server: User Manual v 4.0.